

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-189121

(43)公開日 平成6年(1994)7月8日

(51)IntCl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 4 N	1/40	D 9068-5C		
	1/46	9068-5C		
	9/64	R 8942-5C		
	9/79	H 7916-5C		

審査請求 未請求 請求項の数4(全22頁)

(21)出願番号	特願平4-313849	(71)出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22)出願日	平成4年(1992)11月25日	(72)発明者	石原 秀志 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72)発明者	山下 春生 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72)発明者	松本 泰樹 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 森本 義弘

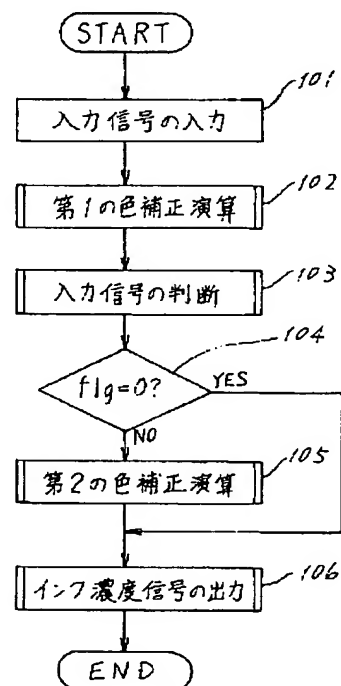
(54)【発明の名称】 カラー画像形成方法

(57)【要約】

【目的】 プリンタの再現不可能な入力信号に対して、プリンタで再現可能な色のうち人間が最も好ましいと感じる色による色再現を行い、高画質なカラー画像を形成する。

【構成】 入力信号(R, G, B)に対してプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行う第1の色補正演算をほどこし第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を得る。第1のインク濃度信号を用いて、入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかの判断を行う。プリンタで再現不可能な入力信号に対して、入力信号に応じた評価関数を用いてプリンタで再現可能な色のうち、最適な色再現を行なう第2のインク濃度信号を求める第2の色補正演算を行う。

【効果】 プリンタで再現不可能な入力信号に対して、入力信号に応じた評価関数を用いて決定した第2のインク濃度信号により記録を行うことにより、高画質なカラー画像を形成できる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力信号をプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行い第 1 のインク濃度信号 (Y 1, M 1, C 1) に変換する第 1 の色補正演算工程と、前記入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断する判断工程と、前記判断工程でプリンタで再現不可能と判断した入力信号に対して、記録可能なインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現を予測し、入力信号に応じて異なった評価関数を用いて入力信号と前記色再現予測の両者から評価値を計算し、評価値が最良となるインク濃度信号を探索することにより、プリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第 2 のインク濃度信号 (Y 2, M 2, C 2) に変換する第 2 の色補正演算工程とを有し、前記判断工程の結果に応じて、入力信号が再現可能な色である場合には前記第 1 のインク濃度信号 (Y 1, M 1, C 1) を、入力信号が再現不可能な色である場合には前記第 2 のインク濃度信号 (Y 2, M 2, C 2) を、それぞれ用いてインク濃度を制御し、カラー画像を形成することを特徴とするカラー画像形成方法。

【請求項 2】 第 2 の色補正演算における評価関数が、入力信号が表わす色とプリンタの色再現予測との明度、彩度、色相に関する差を用いた情報に、それぞれの重み係数を掛けた情報を用いるものであり、入力信号に応じて前記重み係数を変化させるものであることを特徴とする特許請求の範囲第 1 項記載のカラー画像形成方法。

【請求項 3】 入力信号をプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行い第 1 のインク濃度信号 (Y 1, M 1, C 1) に変換する第 1 の色補正演算工程と、前記入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断する判断工程と、前記判断工程がプリンタで再現不可能と判断した入力信号に対して、プリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第 2 のインク濃度信号 (Y 2, M 2, C 2) に変換する第 2 の色補正演算工程とを有し、前記判断工程の結果に応じて、前記入力信号が再現可能な色である場合には前記第 1 のインク濃度信号 (Y 1, M 1, C 1) を、前記入力信号が再現不可能な色である場合には前記第 2 のインク濃度信号 (Y 2, M 2, C 2) を、それぞれ選択することにより第 3 のインク濃度信号 (Y 3, M 3, C 3) を決定し、注目する入力信号に対する前記第 3 のインク濃度信号 (Y 3, M 3, C 3) に、入力信号からなる色空間において前記注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対する前記第 3 のインク濃度信号 (Y 3, M 3,

C 3) を用いた近傍演算をほどこすことにより第 4 のインク濃度信号 (Y 4, M 4, C 4) を求め、前記第 4 のインク濃度信号 (Y 4, M 4, C 4) を用いてインク濃度を制御し、カラー画像を形成することを特徴とするカラー画像形成方法。

【請求項 4】 第 2 の色補正演算が、記録可能なインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現を予測し、入力信号に応じて異なった評価関数を用いて入力信号と前記色再現予測の両者から評価値を計算し、評価値が最良となるインク濃度信号を探索することにより、プリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第 2 のインク濃度信号 (Y 2, M 2, C 2) に変換するものであることを特徴とする特許請求の範囲第 3 項記載のカラー画像形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、カラー画像をプリントアウトするカラープリンタ、カラー複写機などのカラー画像形成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】カラープリンタ、カラー複写機などのハードコピー分野のカラー画像形成装置における色再現は、加法混色原理で用いられる色光の 3 原色の (R, G, B) の補色であるシアン (C)、マゼンタ (M)、イエロー (Y) の 3 色のインクで色光の反射率を調整する減法混色原理による色再現である。

【0003】図 11 に昇華型熱転写記録方式のプリンタで用いられるインクの分光吸収特性の例を示す。このインクの例でも分かるように、現実のインクの分光吸収特性は中心波長が理想から外れていることと、吸収特性がブロードなため不要吸収成分が存在することから、現実のインクを用いた色再現では希望する色とは色相が異なり、彩度の低い色が再現される。このため希望の色を再現する色補正が必要となる。

【0004】従来、ハードコピーの分野ではこの色補正として、マスキングと呼ばれる手法が用いられている。マスキングのうち最もよく用いられているのは (1) 式の示したように、インク濃度信号 (Y, M, C) を 3 原色輝度信号 (R, G, B) の補色である 3 原色濃度信号 (D_R, D_G, D_B) に対する線形マトリクス演算で決定する線形マスキングと呼ばれるものである。

【0005】

【数 1】

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_R \\ D_G \\ D_B \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

【0006】線形マスキングは現実のインクを用いた色再現において濃度の加法則（L a m b e r t - B e e r 則）が成り立ち、色再現が色空間全域にわたり線形演算で表現できることを前提としているが、現実のインクを用いた色再現では、たとえば昇華型熱転写記録方式のプリンタの場合ではインクの再昇華現象、インクの内部反射など種々の非線形要因が存在し、厳密には相加則、比例則が成立しないことが知られている。

$$\begin{aligned} C &= a_0 \cdot D_R + a_1 \cdot D_G + a_2 \cdot D_B + a_3 \cdot D_R^2 + a_4 \cdot D_G^2 + a_5 \cdot D_B^2 \\ &\quad + a_6 \cdot D_R \cdot D_G + a_7 \cdot D_G \cdot D_B + a_8 \cdot D_B \cdot D_R \\ M &= a_9 \cdot D_R + a_{10} \cdot D_G + a_{11} \cdot D_B + a_{12} \cdot D_R^2 + a_{13} \cdot D_G^2 + a_{14} \cdot D_B^2 \\ &\quad + a_{15} \cdot D_R \cdot D_G + a_{16} \cdot D_G \cdot D_B + a_{17} \cdot D_B \cdot D_R \\ Y &= a_{18} \cdot D_R + a_{19} \cdot D_G + a_{20} \cdot D_B + a_{21} \cdot D_R^2 + a_{22} \cdot D_G^2 + a_{23} \cdot D_B^2 \\ &\quad + a_{24} \cdot D_R \cdot D_G + a_{25} \cdot D_G \cdot D_B + a_{26} \cdot D_B \cdot D_R \end{aligned} \quad \dots (2)$$

【0009】これは現実のインクを用いた色再現に存在する非線形要因を含めて2次式で色補正を行うものであり、27個の補正係数 $a_0 \sim a_{26}$ は濃度差に関する最小自乗法により決定されたものを用いている（たとえば『色再現のための画像処理』、写真工業別冊「イメージング Part 1」）。

【0010】さらに、ハードコピーにおける色再現では色再現範囲の問題がある。プリンタが記録可能な濃度範囲は、装置特有の最高記録濃度以下で、かつ記録に使用する受像紙の紙面濃度以上である。この記録可能な濃度範囲と不要吸収成分が存在する現実インクの分光吸収特性により、再現可能な色再現範囲が制限され、一般的にCRTに比べるとプリンタの色再現範囲は狭いものである。

【0011】図12に色再現範囲の例を示す。図12は国際照明委員会CIEにより勧告された $L^* u^* v^*$ 系均等色空間にCRTの色再現範囲と、プリンタの色再現範囲を三面図で示したものである。図12(a)は $u^* v^*$ 平面に、図12(b)は $L^* u^*$ 平面に、図12(c)は $L^* v^*$ 平面に、それぞれの色再現範囲を投影した図である。なお、プリンタの色再現範囲は図11に示した分光吸収特性を有するインクを用いたもので、CRTの色再現範囲はNTSC方式のCRTのものである。

【0012】このように、プリンタの色再現範囲はCRTの色再現範囲に比べて狭いものであることから、記録すべき入力信号としてプリンタの色再現範囲を越えた色を要求する信号が入力される場合がある。その場合には、上述したような線形マスキングや非線形高次マスキングの演算結果のインク濃度信号（Y, M, C）のうち少なくとも1色の信号にプリンタで記録不可能な濃度信号、すなわち紙面濃度より低い、あるいは最高濃度より高い濃度が存在することになる。

【0013】従来の技術では、この再現不可能なインク濃度信号に対しては、紙面濃度より低いインク濃度信号

【0007】そこで、インク濃度信号（Y, M, C）を3原色濃度信号（ D_R, D_G, D_B ）に対する高次の多項式で決定する非線形高次マスキングが提案されている。その中で最も簡単な2次のマスキング方程式を（2）式に示す。

【0008】

【数2】

を要求した場合には紙面濃度に、最高濃度を越えるインク濃度信号を要求した場合には最高濃度に、それぞれリミッタをほどこして記録を行っていた。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、インク濃度信号と人間が知覚する色とは非線形な関係であることから、インク濃度信号に対するリミッタは色再現的には最適なものとはならないことになる。

【0015】図13にマスキング演算結果のインク濃度信号に対してリミッタをほどこした場合の色再現の例を示す。図13において、 P_i （ $i=1 \sim 3$ ）は入力信号が表わす目標色であり、プリンタで再現不可能な入力信号である。そして、 Q_i （ $i=1 \sim 3$ ）は、マスキング演算結果のインク濃度信号のうち記録不可能なインク濃度信号に対して、紙面濃度と最高濃度のリミッタをほどこした場合に再現される色を表わしたものである。

【0016】この例のように、従来の技術では入力信号に対応する目標色がプリンタの色再現範囲を越える場合に、プリンタで再現可能な色の中に人間がより好ましいと感じる色が存在するにも関わらず、大きく異なった色を再現することにより画質の劣化を感じさせる場合があるという問題があった。

【0017】本発明はかかる点に鑑み、プリンタで再現可能な入力信号に対しては忠実な色再現を行うとともに、プリンタで再現不可能な入力信号に対しては再現可能な色のうち人間が最も好ましく感じる色再現を行うことができるカラー画像形成方法、および入力信号がプリンタで再現不可能な色で連続的に変化するような画像を記録する場合にも、急激な色再現の変化を抑え、不連続な色再現を緩和することができるカラー画像形成方法を提供することを目的としている。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明のカラー画像形成方法は、入力信号をプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行い第1のイン

ク濃度信号(Y1, M1, C1)に変換する第1の色補正演算工程と、前記入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断する判断工程と、前記判断工程でプリンタで再現不可能と判断した入力信号に対して、記録可能なインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現を予測し、入力信号に応じて異なった評価関数を用いて入力信号と色再現予測の両者から評価値を計算し、評価値が最良となるインク濃度信号を探索することにより、プリンタで再現不可能な入力信号に対してプリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)に変換する第2の色補正演算工程とを有し、前記判断工程の結果に応じて、前記入力信号が再現可能な色である場合には前記第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を、前記入力信号が再現不可能な色である場合には前記第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)を、それぞれ用いてインク濃度を制御し、カラー画像を形成するものである。

【0019】また、本発明のカラー画像形成方法は、第2の色補正演算における評価関数が、入力信号が表わす色とプリンタの色再現予測との明度、彩度、色相に関する差を用いた情報に、それぞれの重み係数を掛けた情報を用いたものであり、入力信号に応じて前記重み係数を変化させるものである。

【0020】さらに、本発明のカラー画像形成方法は、入力信号をプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行い第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)に変換する第1の色補正演算工程と、前記入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断する判断工程と、前記判断工程がプリンタで再現不可能と判断した入力信号に対して、プリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)に変換する第2の色補正演算工程とを有し、前記判断工程の結果に応じて、前記入力信号が再現可能な色である場合には前記第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を、前記入力信号が再現不可能な色である場合には前記第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)を、それぞれ選択することにより第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)を決定し、注目する入力信号に対する前記第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)に、入力信号からなる色空間において前記注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対する前記第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)を用いた近傍演算をほどこすことにより第4のインク濃度信号(Y4, M4, C4)を求め、前記第4のインク濃度信号(Y4, M4, C4)を用いてインク濃度を制御し、カラー画像を形成するものである。

【0021】

【作用】上記構成により、プリンタで再現不可能な入力信号に対して、プリンタで再現可能な色で最適なインク

濃度信号を求める第2の色補正演算をほどこすが、この際に、第2の色補正演算において最適性を判断する評価関数を入力信号に応じて異なったものを用いるものであり、入力信号に応じて人間が最も好ましく感じる色再現を行うインク濃度信号を決定する評価関数を用いることにより、全ての入力信号に対して人間が最も好ましいと感じる色再現が可能となる。

【0022】また、評価関数として、入力信号が表す色とプリンタの再現色との明度、彩度、色相に関する差を用いた情報に、それぞれの重み係数を掛けた情報を用いるものであり、しかもこの重み係数を入力信号に応じて変化させることにより、色の3属性である明度、彩度、色相のうち、いずれの要素を重視するか、また、重視する程度を入力信号に応じて連続的に変化させることが可能となる。

【0023】さらに第1の色補正演算工程、第2の色補正演算工程を経て得られた第3のインク濃度信号に、入力信号からなる入力色空間において注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対する第3のインク濃度信号を用いた近傍演算をほどこすことにより、入力信号の変化にともなうインク濃度信号の急激な変化を緩和し、再現画像の階調性の滑らかさを保つことが可能となる。

【0024】

【実施例】以下、本発明のカラー画像形成方法に関する第1の実施例を、イエロー、マゼンタ、シアンの3色のインクを用いた昇華型熱転写方式のフルカラープリンタを用い、CRTを駆動する3原色輝度信号(R, G, B)に対するインク濃度信号(Y, M, C)をソフトウェアにより決定した例について説明する。

【0025】第1の実施例に用いた実験装置のブロック構成図を図2に示す。図2において、201は本実施例のカラー画像形成方法を実行するCPU、202はCPU201がプログラムを実行する際にワーク領域として使用するRAM、203はCPU201が実行するプログラムなどを格納するROM、204は記録すべき入力信号(R, G, B)を入力するとともに、インク濃度信号(C, M, Y)を出力するI/O手段、205はCPU201、RAM202、ROM203、I/O手段204を相互に接続するバス、206はI/O手段204から出力されるインク濃度信号(Y, M, C)に応じて、印加エネルギーを制御する制御手段、207は制御手段206によって制御される印加エネルギーに応じて図示しないインクシートに熱を印加し、図示しない受像紙にカラー画像を形成するサーマルヘッドである。

【0026】このように構成された実験装置において、第1の実施例ではソフトウェアによりカラー画像形成方法が実行される。このときのCPU201により実行される処理の全体の流れを図1に、さらに詳細な処理の流れを図3、図5に示す。

【0027】まず、図1を用いて全体の処理手順を示

す。ステップ101において、記録すべき入力信号(R, G, B)を1/O手段204を介して入力する。ステップ102において、プリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行なう第1の色補正演算をほどこし、第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を得る。

【0028】ステップ103において、第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を用いて、入力信号(R, G, B)がプリンタで再現可能な色であるが、再現不可能な色であるかの判断を行い、再現可能な色であると判断した場合には判断結果を表わすflag信号をflag=0、再現不可能な色であると判断した場合にはflag=1と設定する。

【0029】ステップ104では、ステップ103の判断結果に応じて、入力信号(R, G, B)が再現可能な色(flag=0)の場合にはステップ106へ、入力信号(R, G, B)が再現不可能な色(flag=1)の場合にはステップ105への分岐を行う。

【0030】ステップ105では、プリンタで再現不可能な入力信号(R, G, B)に対して、プリンタで再現可能な色のうち、最適な色再現を行うことのできる第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)を求める第2の色補正演算を行う。

【0031】ステップ106において、flag信号に応

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

【0036】次に、(4)式の補色変換により第2の輝度信号(R', G', B')の各々を減法混色原理に基づく3原色濃度信号(DR, DG, DB)に変換する。

【0037】

【数4】

$$\begin{aligned} D_R &= \log(1/R') \\ D_G &= \log(1/G') \\ D_B &= \log(1/B') \end{aligned} \quad \dots (4)$$

【0038】そして、インクの不要吸収成分による色濁りを補正する目的で、非線形なマスキング演算をほどこす。まず、濃度信号をインクの色材量に相当する信号への変換を行う。具体的にはインクの色材量と濃度の関係の非線形度合を表わす定数をa(a>1)とすると、

(5)式に示した第1の非線形変換により補色変換で得

じて第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)、もしくは第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)を記録に用いるインク濃度信号(Y, M, C)として1/O手段204から出力する。

【0032】そして、図2において、1/O手段204から出力されたインク濃度信号(Y, M, C)に応じて制御手段206がイエロー、マゼンタ、シアン順に面順次でサーマルヘッド207の熱量を制御することにより、図示しない受像紙に階調記録を行いカラー画像を形成する。

【0033】続いて、ステップ102で実行される第1の色補正演算に関して説明する。本実施例においては、輝度信号における線形マトリクス演算と、濃度信号における非線形なマスキング演算を組み合わせた演算を第1の色補正演算として用いた。

【0034】以下のその詳細な処理に関して説明する。まず、入力信号(R, G, B)に対して、プリンタの色再現の目標であるCRTの蛍光体の分光特性の中心波長と、プリンタにおいて使用するインクの分光吸収特性の中心波長のずれを補正する目的で、(3)式の輝度マトリクス演算をほどこし、第2の輝度信号(R', G', B')に変換する。

【0035】

【数3】

られた3原色濃度信号(DR, DG, DB)の各々を、インクの色材量に相当する信号(C', M', Y')に非線形変換する。

【0039】

【数5】

$$\begin{aligned} C' &= D_R^a \\ M' &= D_G^a \\ Y' &= D_B^a \end{aligned} \quad \dots (5)$$

【0040】次に、第1の非線形変換の出力である(C', M', Y')を(6)式の線形のマトリクス演算により第2の非線形信号(C'', M'', Y'')に変換する。

【0041】

【数6】

$$\begin{bmatrix} C'' \\ M'' \\ Y'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C' \\ M' \\ Y' \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

【0042】さらに、第1の非線形変換の逆関数であり、(7)式で示した第2の非線形変換により得た (C'', M'', Y'') の各々を、第1のインク濃度信号 $(Y1, M1, C1)$ に変換する。

【0043】

【数7】

$$\begin{aligned} C1 &= C''^{1/a} \\ M1 &= M''^{1/a} \\ Y1 &= Y''^{1/a} \end{aligned} \quad \dots (7)$$

【0044】本実施例では、プリンタで再現可能な入力

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.896 & 0.096 & 0.008 \\ 0.002 & 0.835 & 0.163 \\ 0.068 & -0.035 & 0.967 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.443 & -0.105 & 0.037 \\ -0.360 & 1.694 & -0.032 \\ 0.002 & -0.679 & 1.978 \end{bmatrix}$$

$$a = 1.572$$

... (8)

【0046】なお、本実施例で用いた第1の色補正演算は、プリンタで再現可能な色に対しては $L^* u^* v^*$ 系均等色空間での平均色差 E_{uv} が $E_{uv} = 4.3$ という高精度な補正が可能であった。

【0047】続いて、入力信号 (R, G, B) がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断するステップ103の処理の詳細な説明を行う。図

信号に対する色補正が最適に作用するよう、プリンタで再現可能な色再現域にほぼ均等に位置する100色程度の色票に対するCRTとプリンタの色再現の誤差の平均値を最小にするために、(3)式の輝度マトリクス演算における $[b_{kl}]$ 、(6)式の線形マトリクス演算における $[a_{kl}]$ ($k=1\sim 3, l=1\sim 3$)、および(5)式、(7)式における補正係数 a を収束演算により決定した。本実施例では用いた各補正係数を(8)式に示す。

【0045】

【数8】

4にプリンタで用いるイエロー(Y)、マゼンタ(M)、シアン(C)の各インクの濃度信号を直交座標系の軸として表した色空間(以後インク濃度空間と呼ぶ)におけるプリンタの再現可能な領域を示す。図4

(a)はインク濃度空間の斜視図、図4(b)はM軸上方からYC平面を見た図、図4(c)はY軸上方からMC平面を見た図、図4(d)はC軸上方からYM平面を

見た図である。

【0048】図4に示すように、インク濃度空間においてはプリンタが再現可能な領域は各インクを用いて記録可能な濃度で表現される。すなわち、イエロー、マゼンタ、シアン、各色の紙面濃度をそれぞれ（ Y_0 , M_0 , C_0 ）、記録可能な最高濃度を（ Y_{max} , M_{max} , C_{max} ）で表わすと、インク濃度空間でプリンタの再現可能な領域は $Y=Y_0$, $M=M_0$, $C=C_0$, $Y=Y_{max}$, $M=M_{max}$, $C=C_{max}$ の6つの面で囲まれた直方体で表わされる領域になる。

【0049】このことから、第1の色補正演算がプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行う演算である場合には、入力信号（ R , G , B ）がプリンタで再現可能な色か、再現不可能な色かを判断するには、第1の色補正演算結果の第1のインク濃度信号（ Y_1 , M_1 , C_1 ）のそれぞれが、 $Y_0 \leq Y_1 \leq Y_{max}$, $M_0 \leq M_1 \leq M_{max}$, $C_0 \leq C_1 \leq C_{max}$ であることを調べるにより判断できる。ステップ103では、第1のインク濃度信号（ Y_1 , M_1 , C_1 ）のそれぞれが紙面濃度以上でかつ最高濃度以下であることを調べている。

【0050】図3にステップ103の詳細な処理の流れを示す。図3において、ステップ301では第1のインク濃度信号（ Y_1 , M_1 , C_1 ）のうちイエローのインク濃度信号 Y_1 が紙面濃度以上でかつ最高濃度以下の範囲の値であるかを調べる。範囲に入っていない場合には、入力信号は再現不可能な色であると判断し、ステップ305において $f_{lg}=1$ を設定する。

【0051】ステップ302、303では、第1のインク濃度信号（ Y_1 , M_1 , C_1 ）のマゼンタのインク濃

度信号 M_1 、シアンのインク濃度信号 C_1 に対して、それぞれ同様の比較を行う。

【0052】そして、第1のインク濃度信号（ Y_1 , M_1 , C_1 ）が全て記録可能な濃度信号である場合には、入力信号（ R , G , B ）が再現可能な色であるとし、ステップ304において $f_{lg}=0$ を設定する。

【0053】以上のように、本実施例では第1の色補正演算の結果である第1のインク濃度信号（ Y_1 , M_1 , C_1 ）を用いて入力信号（ R , G , B ）がプリンタで再現可能な色か、再現不可能な色かの判断を行う。

【0054】続いて、ステップ105の第2の色補正演算に関して説明する。本実施例における第2の色補正演算は入力信号（ R , G , B ）の色、すなわちプリンタの色再現の目標色を求めておき、目標色に応じて評価関数を決定し、設定したインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現を予測し、目標色と色再現の予測値から計算される評価値が最適になるインク濃度信号を求めるものである。

【0055】図5に第2の色補正演算の詳細な処理の流れを示す。まず、ステップ501で入力信号（ R , G , B ）をプリンタの色再現の目標色の色信号に変換する。本実施例では入力信号としてCRTを駆動する3原色輝度信号（ R , G , B ）を用いており、NTSC方式のCRTに3原色輝度信号を入力した際に再現される3刺激値（ X_0 , Y_0 , Z_0 ）をNTSC方式のCRTの出力方程式（9）式で求めた。

【0056】

【数9】

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.60699 & 0.17345 & 0.20057 \\ 0.29897 & 0.58642 & 0.11461 \\ 0.0 & 0.066075 & 1.11586 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

... (9)

【0057】さらに、人間の視覚特性を考慮して、3刺激値（ X_0 , Y_0 , Z_0 ）を（10）式により L^* , u^* , v^* 系均等色空間の座標（ L_0^* , u_0^* , v_0^* ）に変換した。ここで、（10）式は国際照明委員会CIE

により勧告された L^* , u^* , v^* 系均等色空間への変換式である。

【0058】

【数10】

$$\begin{aligned}
 L_0^* &= 116 (Y_0 / Y_n)^{1/3} - 16 \\
 &\quad (Y_0 / Y_n > 0.008856) \\
 &= 903.29 (Y_0 / Y_n) \\
 &\quad (Y_0 / Y_n \leq 0.008856) \\
 u_0^* &= 13 L_0^* (u_0' - u_n') \\
 v_0^* &= 13 L_0^* (v_0' - v_n')
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u_0' &= 4 X_0 / (X_0 + 15 Y_0 + 3 Z_0) \\
 v_0' &= 9 Y_0 / (X_0 + 15 Y_0 + 3 Z_0)
 \end{aligned}$$

ただし、照明に用いる標準の光源がC光源で、2度視野の場合、

$$Y_n = 100$$

$$u_n' = 0.2009$$

$$v_n' = 0.4609$$

…(10)

【0059】ステップ502で入力信号に応じてプリンタで再現する色の最適性を評価する評価関数を決定する。次に最適なインク濃度信号を探索するために、ステップ503においてインク濃度信号の値を設定する。

【0060】ステップ504においてステップ503で設定されたインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現(L_i^* , u_i^* , v_i^*)を予測する。ステップ505でステップ501で求めた色再現の目標色(L_0^* , u_0^* , v_0^*)と、ステップ504で求めた色再現予測の値(L_i^* , u_i^* , v_i^*)を用いて、ステップ502で決定された評価関数に基づいて、設定したインク濃度信号に対する評価値を求める。

【0061】ステップ506でステップ505で求めた評価値が最小であるかの判断を行い、最小であると判断した場合にはステップ503で設定したインク濃度信号を第2のインク濃度信号(Y_2 , M_2 , C_2)として記憶する。

【0062】そして、ステップ508でインク濃度信号に関する探索が終了したかを判断し、探索が終了していない場合には、ステップ503に分岐して、新たにインク濃度信号を設定して、ステップ503～ステップ508を繰り返すものである。

【0063】次に、ステップ504における設定したインク濃度信号に対する色再現の予測に関して説明する。本実施例において用いた第1の色補正演算は、(4)式

、(5)式、(7)式などの非線形な変換を含み、全体として非線形な演算であるが、それぞれは逆関数の存在する関数で表現していることから、インク濃度信号から3原色輝度信号への変換を第1の色補正演算の逆演算で行うことが可能である。そこで、本実施例では第1の色補正演算の逆演算を用いて、設定したインク濃度信号を入力信号の色空間である3原色輝度信号に変換し、目標色を求める場合と同様に L^* , u^* , v^* 系均等色空間の色信号に変換した。

【0064】まず、設定したインク濃度信号(Y_2 , M_2 , C_2)に対して、(11)式の非線形変換をほどこすことにより、(Y_2'' , M_2'' , C_2'')に変換する。

【0065】

【数11】

$$C_2'' = C_2'$$

$$M_2'' = M_2'$$

$$Y_2'' = Y_2'$$

…(11)

【0066】そして、(6)式の逆マトリクス演算である(12)式により(Y_2'' , M_2'' , C_2'')を(Y_2' , M_2' , C_2')に変換する。

【0067】

【数12】

$$\begin{bmatrix} C2' \\ M2' \\ Y2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C2'' \\ M2'' \\ Y2'' \end{bmatrix}$$

ただし、

$$\begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}^{-1} \quad \dots (12)$$

【0068】そして、(13)式 of 非線形変換により、設定した第2のインク濃度信号 (Y2, M2, C2) に対応する3原色濃度信号 (D2R, D2G, D2B) に変換する。

【0069】

【数13】

$$D2_R = C2' \cdot 1/a$$

$$D2_G = M2' \cdot 1/a$$

$$D2_B = Y2' \cdot 1/a$$

... (13)

【0070】さらに、(14)式 of 逆補色変換で加法混色の輝度信号 (R2', B2', C2') に変換する。

【0071】

【数14】

$$R2' = 10^{-D2_R}$$

$$G2' = 10^{-D2_G}$$

$$B2' = 10^{-D2_B}$$

... (14)

【0072】そして、(15)式 of 逆輝度マトリクス演算で、3原色輝度信号 (R2, G2, B2) に変換する。

【0073】

【数15】

$$\begin{bmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b'_{11} & b'_{12} & b'_{13} \\ b'_{21} & b'_{22} & b'_{23} \\ b'_{31} & b'_{32} & b'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R2' \\ G2' \\ B2' \end{bmatrix}$$

ただし、

$$\begin{bmatrix} b'_{11} & b'_{12} & b'_{13} \\ b'_{21} & b'_{22} & b'_{23} \\ b'_{31} & b'_{32} & b'_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix}^{-1} \quad \dots (15)$$

【0074】さらに、インク濃度信号から得られた3原色輝度信号(R2, G2, B2)を入力信号(R, G, B)の場合と同様に、(9)式によるCRTに表示される3刺激値(Xi, Yi, Zi)への変換、(10)式による均等色空間の座標(Li*, ui*, vi*)への変換を行うことにより、設定したインク濃度信号を用いた場合の色再現を予測するものである。

【0075】先に述べたように本実施例で用いた第1の色補正演算は、プリンタで再現可能な色に対してはL* u* v* 系均等色空間での平均色差EuvがEuv = 4.3という高精度な補正が可能であり、第1の色補正演算の逆関数を用いた本実施例における色再現予測も平均色差Euv = 4.3程度での高精度な色再現予測が可能であった。

【0076】続いて、本実施例におけるプリンタの再現

$$E = \left\{ \frac{1}{a+b+c} \cdot (a \Delta L^2 + b \Delta H_{uv}^2 + c \Delta S_{uv}^2) \right\}^{1/2}$$

ここで、

$$\Delta L = L_0^* - L_i^*$$

$$\Delta S_{uv} = S_0 - S_i$$

$$S_0 = (u_0^{*2} + v_0^{*2})^{1/2}$$

$$S_i = (u_i^{*2} + v_i^{*2})^{1/2}$$

$$\Delta H_{uv} = \frac{(S_i + S_0)}{2} \cdot |\theta_0 - \theta_i|$$

$$\theta_0 = \tan^{-1}(v_0^* / u_0^*)$$

$$\theta_i = \tan^{-1}(v_i^* / u_i^*)$$

…(16)

【0078】そして、入力信号の表わす目標色に適した評価関数を主観評価実験により決定した。プリンタで再現不可能な色として、レッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の各輝度信号からなる入力色空間において、CRTの再現範囲の壁面に位置する26個の入力信号によりCRTを駆動した場合のCRTの再現色を目標色とし、数種の評価関数を用いて決定したインク濃度信号を用いてプリンタで色票を作成し、それぞれの色票と目標色とを比較し、各目標色に対して最適と感じられる色票を選択することにより各目標色に適した評価関数を決定した。評価関数としては、明度再現を重視した評価関数、色相再現を重視した評価関数、明度、色相、彩度を均等に重視した評価関数の3種の評価関数を用いた。具体的には(16)式の評価関数Eにおいて、明度重視の評価関数は明度の重み係数aを、色相重視の評価関数

色の最適性を評価する評価関数に関して説明する。本実施例における評価関数は、(16)式に示すように目標色(L0*, u0*, v0*)とプリンタの再現色(Li*, ui*, vi*)の明度(L0*, Li*)、色相(θ0, θi)、彩度(S0, Si)のそれぞれの差の自乗に重み係数を乗じたものを用いた。そして、各重み係数a, b, cを入力信号に応じて変化させることにより、入力信号に応じた評価関数Eを設定するものである。なお、ここでの彩度、色相はL* u* v* 系均等色空間での彩度、色相であり、色相に関しては明度、彩度と単位をそろえるよう、2色の色相の差に2色の彩度の平均値を乗じたものを用いた。

【0077】

【数16】

は色相の重み係数bを他に比較して大きな値とし、明度、色相、彩度を均等に重視する評価関数は各重み係数を同一の値とした。

【0079】主観評価により決定した各入力信号に対して最適と判断した評価関数を図6に示す。図6はレッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の各輝度信号を直交座標系の軸として表わした入力色空間において、主観評価実験の目標色として選んだ26個の入力信号に対して、最適と判断した評価関数を示したものであり、図6(a)はCRTの再現範囲を白(W)側から見た図であり、図6(b)はCRTの再現範囲を入力色空間の原点である黒(Bk)側から見た図である。たとえば、目標色がCRTのブルー(B)の場合には各重み係数を同一の値とした評価関数により決定したインク濃度信号を用いて作成した色票が最も好ましく感じられ、目標色が

CRTのグリーン（G）の場合には明度を重視した評価関数により決定したインク濃度信号を用いて作成した色票が最も好ましく感じられ、目標色がCRTのレッド（R）の場合には色相を重視した評価関数により決定したインク濃度信号を用いて作成した色票が最も好ましく感じられた。また、図6において、黒丸で示した、CRTの白（W）と黒（Bk）に対しては、いずれの評価関数を用いても同一のインク濃度信号（Wに対してはYMCとも紙面濃度、Bkに対してはYMCとも最高濃度）が得られた。本実施例では図6に示すように明度、色相、彩度に対する重み係数を入力信号に応じて連続的に変化させた評価関数を用いて各入力信号に対するインク濃度信号を決定した。

【0080】続いて、第1の実施例におけるカラー画像形成方法により決定したインク濃度信号を用いた色再現実験結果の例を示す。図7は $L^* u^* v^*$ 系均等色空間においてプリンタの色再現不可能な入力信号としてのCRTのレッド、グリーン、ブルーと、各入力信号に対するプリンタの色再現の結果を示したものである。図7において、P4、R4はレッドの目標色とプリンタの再現色、P5、R5はグリーンの目標色とプリンタの再現色、P6、R6はブルーの目標色とプリンタの再現色をそれぞれ表わしたものである。先に述べたように、レッドの入力信号に対しては、色相を重視した評価関数を用いてインク濃度信号を決定したことにより、プリンタで再現可能な色のうち目標色と色相がほぼ同じ再現が行われた。同様に、グリーンの入力信号に対しては、目標色と明度がほぼ同じ色再現が行われ、ブルーの入力信号に対しては、プリンタで再現可能な色のうち目標色と均等色空間での距離が小さくなるよう色再現が行われた。

【0081】以上、本発明のカラー画像形成方法の第1の実施例に関して、実験装置の構成、動作、さらに入力信号に対するインク濃度信号を決定する処理、入力信号に適した評価関数、さらに実験結果を説明した。このように、本実施例では入力信号に応じて主観評価実験により決定した評価関数を用いて、インク濃度信号を決定することにより、目標色と比較して人間が最も好ましいと感じる色再現を行い、画質を大きく改善することが可能となった。

【0082】なお、本実施例では、図6に示した評価関数を用いたが、プリンタの色再現範囲はプリンタの記録方式や、使用するインクの分光特性により異なったものとなることから、目標色に適した評価関数はプリンタにより異なった結果になることが考えられ、本発明はこの評価関数に限定されるものではない。

【0083】次に本発明のカラー画像形成方法の第2の実施例に関して説明する。本発明の第2の実施例は第1の実施例と同様の実験装置を用いて行った。第2の実施例では、各々8bit精度の入力信号の各色上位5bitで与えられる $32 \times 32 \times 32$ 個の離散的な代表点に

対応するインク濃度信号（C、M、Y）をあらかじめLUT（ルック・アップ・テーブル）として図2のRAM202上に格納し、記録に際して、代表点の中間に位置する入力信号に対するインク濃度信号は、3次元線形補間方式である8点補間方式により決定するものである。また、本実施例のカラー画像形成方法は、プリンタで再現不可能な入力信号も含めて $32 \times 32 \times 32$ 個の離散的な代表点の入力信号に対するインク濃度信号を決定し、さらに入力色空間において、近傍演算をほどこすことにより記録に用いるインク濃度信号を決定するものである。

【0084】図8を用いて本実施例におけるテーブル作成の処理全体を説明する。 $32 \times 32 \times 32$ 個の離散的な代表点の入力信号全てに対するインク濃度信号を決定するため、まず、ステップ801で入力信号（R、G、B）の設定を行う。

【0085】ステップ802において、設定された入力信号（R、G、B）に対してプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行う第1の色補正演算にほどこし、第1のインク濃度信号（Y1、M1、C1）を得る。本実施例における第1の色補正演算は、第1の実施例における第1の色補正演算と同様に、輝度信号における線形マトリクス演算、補色演算、濃度信号における非線形なマスキング演算をほどこすものである。

【0086】ステップ803において、第1の色補正演算結果の第1のインク濃度信号（Y1、M1、C1）のそれぞれが、 $Y0 \leq Y1 \leq Y_{max}$ 、 $M0 \leq M1 \leq M_{max}$ 、 $C0 \leq C1 \leq C_{max}$ であることを調べることにより入力信号（R、G、B）がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかの判断を行ない、再現可能な色であると判断した場合には判断結果を表わすflag信号をflag=0、再現不可能な色であると判断した場合にはflag=1と設定する。

【0087】ステップ804では、ステップ803の判断結果に応じて、入力信号（R、G、B）が再現可能な色（flag=0）の場合にはステップ806へ、入力信号（R、G、B）が再現不可能な色（flag=1）の場合にはステップ805へ分岐を行う。

【0088】ステップ805では、プリンタで再現不可能な入力信号（R、G、B）に対して、プリンタで再現可能な色のうち、最適な色再現を行うことのできる第2のインク濃度信号（Y2、M2、C2）を求める第2の色補正演算を行う。本実施例における第2の色補正演算は第1の実施例と同様に入力信号が表わす目標色と色再現の予測値から計算される評価値が最適になるインク濃度信号を求めるものであるが、本実施例では第1の実施例と異なり、 $L^* u^* v^*$ 系均等色空間の距離を代表点の入力信号全てに対する評価関数とした。

【0089】ステップ806において、第1のインク濃度信号（Y1、M1、C1）、もしくは第2のインク濃

度信号 (Y2, M2, C2) のいずれかを f i g 信号に応じて選択し、第3のインク濃度信号 (Y3, M3, C3) として RAM202 に格納する。

【0090】ステップ807では第3のインク濃度信号を決定する処理を代表点の入力信号全てに対してほどこしたかを判断する。代表点の入力信号全てに対する処理が終了していない場合にはステップ801に分岐し、入力信号の各色上位5 b i t で表わされる値を増加することにより、次に処理すべき入力信号を設定し、ステップ802～ステップ806の処理をほどこす。そして、代表点の入力信号全てに対する処理が終了した場合にはステップ808へ分岐する。

【0091】ステップ808以降は、注目する入力信号に対する第3のインク濃度信号 (Y3, M3, C3) に、入力色空間において注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対する第3のインク濃度信号 (Y3, M3, C3) を用いた近傍演算をほどこすための処理である。本実施例では代表点の入力信号に対する第3のインク濃度信号 (Y3, M3, C3) に近傍演算をほどこした。

【0092】ステップ808は代表点の入力信号全てに対応する第3のインク濃度信号 (Y3, M3, C3) に対して近傍演算をほどこすために入力信号の設定を行う。ステップ809ではステップ808で設定した入力信号に対応する第3のインク濃度信号 (Y3, M3, C3) に近傍演算をほどこす。

【0093】ステップ810では近傍演算をほどこしたインク濃度信号を第4のインク濃度信号 (Y4, M4, C4) として RAM202 上の LUT に格納する。ステップ811では代表点の入力信号全てに対応する第3のインク濃度信号 (Y3, M3, C3) に近傍演算の処理をほどこしたかを判断する。処理を終了していない場合にはステップ808に分岐し、入力信号の各色上位5 b i t で表わされる値を増加することにより、次に処理すべき入力信号を設定し、同様の処理をほどこす。そして、代表点の入力信号全てに対する第3のインク濃度信号 (Y3, M3, C3) に処理が終了した場合にはテーブル作成の処理を終了する。

【0094】そして、記録に際しては図2の1/O手段204より記録を行うべき8 b i t 精度の入力信号 (R, G, B) を入力し、CPU201が入力信号 (R, G, B) の上位5 b i t に応じて RAM202 上の LUT を参照することにより、入力信号 (R, G, B) の上位5 b i t で表わされる代表点の入力信号に対

する第4のインク濃度信号 (Y4, M4, C4) を求め、入力信号 (R, G, B) の下位3 b i t を用いた補間演算を行なうことにより、入力信号 (R, G, B) に対するインク濃度信号を決定し、1/O手段204より出力するものである。なお、本実施例における補間演算は、入力色空間において入力信号 (R, G, B) が含まれる単位立方体の頂点に位置する8点の代表点の入力信号に対する第4のインク濃度信号 (Y4, M4, C4) と、入力信号の下位3ビットにより選択される体積比に相当する重み係数を用いた従来の3次元補間演算を用いた。

【0095】次に、ステップ809の近傍演算に関して説明する。各代表点の入力信号に対する第3のインク濃度信号は、先述したようにプリンタで記録可能な入力信号に対しては第1の色補正演算、プリンタで再現不可能な入力信号に対しては第2の色補正演算のいずれかの結果が選択されたものであるが、第2の色補正演算では各入力信号毎に最適なインク濃度信号を求めていることから、プリンタの色再現範囲の形状によっては、入力信号が連続的に変化するような画像の場合に、急激に再現色が変化し再現画像の階調性の滑らかさを損なう場合があった。そこで、本実施例の近傍演算はレッド (R)、グリーン (G)、ブルー (B) の各輝度信号を直交座標系の軸とした入力色空間における3次元の空間フィルタ演算をほどこすものである。

【0096】図9に入力色空間における3次元の空間フィルタの模式図を示す。図9 (a) は入力色空間において存在する代表点の入力信号のうち、近傍演算をほどこすべき注目する入力信号と、近傍演算に用いる代表点の入力信号を3次元的に示したものであり、近傍演算に用いる代表点の入力信号は、注目する代表点の入力信号の R, G, B の各軸方向に隣接する6個の代表点の入力信号である。注目する代表点の入力信号の上位5ビットで表わされる信号を (R0, G0, B0) とし、近傍演算に用いる6個の代表点の入力信号を (R0-1, G0, B0)、(R0, G0-1, B0)、(R0, G0, B0-1)、(R0+1, G0, B0)、(R0, G0+1, B0)、(R0, G0, B0+1) とすると、たとえば (R0, G0, B0) の各要素の上位5 b i t が2進数で (11011, 10111, 00110) の場合、近傍演算に用いる6個の代表点の入力信号の各要素の上位5 b i t を (表1) に示す。

【0097】

【表1】

	R要素	G要素	B要素
(R0, G0, B0)	11011	10111	00110
(R0-1, G0, B0)	11010	10111	00110
(R0, G0-1, B0)	11011	10110	00110
(R0, G0, B0-1)	11011	10111	00101
(R0+1, G0, B0)	11100	10111	00110
(R0, G0+1, B0)	11011	11000	00110
(R0, G0, B0+1)	11011	10111	00111

【0098】また、図9(b)、(c)は空間フィルタ演算における、注目する入力信号に対する第3のインク濃度信号、近傍演算に用いる代表点の入力信号に対する第3のインク濃度信号のそれぞれの係数を2つの図面に分けて示したものである。第3のインク濃度信号のY、M、Cの要素のうち注目する入力信号に対するYの信号をY3(R0, G0, B0)、6個の近傍演算に用いる代表点の入力信号に対するYの信号をY3(R0-1, G0, B0)、Y3(R0, G0-1, B0)、Y3

(R0, G0, B0-1)、Y3(R0+1, G0, B0)、Y3(R0, G0+1, B0)、Y3(R0, G0, B0+1)と表わすと、本実施例では図9(b)、(c)に示すように、注目する入力信号に対する第4のYの信号Y4(R0, G0, B0)を(17)式の計算により決定するものである。

【0099】

【数17】

$$Y4(R0, G0, B0) = \{2 \times Y3(R0, G0, B0) + Y3(R0-1, G0, B0) + Y3(R0, G0-1, B0) + Y3(R0, G0, B0-1) + Y3(R0+1, G0, B0) + Y3(R0, G0+1, B0) + Y3(R0, G0, B0+1)\} \times 1/8$$

---(17)

【0100】第3のインク濃度信号のY、M、Cの要素のうちM、Cに対しても同様の演算を行い、第4のインク濃度信号のMとCの要素を求める。次に、本実施例のカラー画像形成方法をほどこした場合の色再現実験の結果を図10を用いて説明する。図10(a)はプリンタの色再現範囲をL*u*v*系均等色空間のu*v*平面に表わしたものであり、図10(b)は(a)の円で囲んだ部分を拡大した図である。図10(b)には色再現実験の目標色と、プリンタの再現色が示されている。白丸は目標色であり、それぞれプリンタで再現不可能な色である。三角は本実施例の近傍演算をほどこす前の第3のインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現、四角はこの第3のインク濃度信号に対して近傍演算をほどこして得られた第4のインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現である。また、目標色の白丸と第3のインク濃度信号を用いた色再現の三角は波線で結んであり、第4のインク濃度信号を用いた色再現の四角とは実線で結んである。この図に示すように、連続的に変化する目標色に対して、近傍演算をほどこさない第3のインク濃度信号を用いたのでは不連続に色再現が変化する場合があるのに対して、近傍演算をほどこした第4のインク濃度信号を用いた場合には不連続な色再現が緩和された。

【0101】以上、本発明のカラー画像形成方法の第2

の実施例に関して、入力信号に対するインク濃度信号を決定する処理、実験結果を説明した。本実施例のカラー画像形成方法によると、プリンタで再現不可能な入力信号に対して入力信号毎に最適なインク濃度信号を求め、さらに入力色空間で3次元の近傍演算をほどこすことにより、連続的に変化する目標色に対して急激な色再現の変化を抑え、不連続な色再現を緩和することが可能となる。

【0102】なお、本実施例では近傍演算として、6個の代表点の入力信号の第3のインク濃度信号を用いて(17)式による計算を行ったが、本発明は近傍演算に用いる第3のインク濃度信号の個数や、空間フィルタ演算の係数が本実施例のものに限定されるものではない。

【0103】また、本実施例では入力信号の上位5bitで表わされる代表点の入力信号に対する第3のインク濃度信号に近傍演算をほどこしたが、代表点を表わすbit精度は限定されるものではない。たとえば、空間フィルタ演算の係数を選ぶことにより、8bit精度で表わされる入力信号全てに対する第3のインク濃度信号に近傍演算をほどこしても同様の効果が得られる。

【0104】次に、本発明のカラー画像形成方法の第3の実施例に関して説明する。本発明の第3の実施例は第1の実施例と同様の実験装置を用いて行い、第2の実施例と同様に、各々8bit精度の入力信号の各色上位5

bitで与えられる $32 \times 32 \times 32$ 個の離散的な代表点に対応するインク濃度信号(C, M, Y)をあらかじめLUT(ルック・アップ・テーブル)として図2のRAM202上に格納し、記録に際して、代表点の中間に位置する入力信号に対する出力を3次元線形補間方式である8点補間方式により決定するものである。

【0105】本実施例のカラー画像形成方法は、代表点の入力信号に対するインク濃度信号を決定し、注目する入力信号に対するインク濃度信号を入力色空間において、注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対するインク濃度信号を用いた近傍演算をほどこすことにより記録に用いるインク濃度信号を決定するものである。

【0106】第3の実施例において、代表点の入力信号に対する第4のインク濃度信号のテーブルを作成する全体の処理の流れは、第2の実施例で説明した図8のフローチャートと同様である。すなわち、代表点の入力信号全てに対して、第1の色補正演算もしくは第2の色補正演算のいずれかの結果を、入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、不可能な色であるかの判断結果に応じて選択し、第3のインク濃度信号としてメモリに格納し、さらに近傍演算をほどこし、第4のインク濃度信号としてRAM202上にLUTとして格納する。

【0107】ただし、第2の実施例における第2の色補正演算では、最適性を評価する評価関数を全ての代表点の入力信号に対して、 $L^* u^* v^*$ 系均等色空間の距離としたが、本実施例における第2の色補正演算では、評価関数を第1の実施例と同様に(16)式の評価関数を用い、入力信号に応じて各重み係数を変化させてインク濃度信号を決定した。

【0108】本実施例のカラー画像形成方法を用いてプリンタで画像を形成した場合、第2の色補正演算において、入力信号に応じて評価関数を変化させていることによりプリンタで再現不可能な入力信号に対しても、目標色と比較して人間が最も好ましいと感じる色再現を行うことが可能となった。また、注目する入力信号に対するインク濃度信号に対して、注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対するインク濃度信号を用いた近傍演算をほどこすことにより、入力信号がプリンタの再現不可能な色で連続的に変化するような画像の場合にも急激な階調変化を生じることなく、滑らかな階調再現を実現することが可能であった。

【0109】以上、本発明のカラー画像形成方法に関する実施例を説明した。ここでは、これらの実施例では入力信号をCRTを駆動する輝度信号とし、第1の色補正演算を輝度信号における線形マトリクス演算と、濃度信号における非線形なマスクング演算を組み合わせた演算としたが、本発明のカラー画像形成方法の第1の色補正演算は上記の演算に限定されるものではない。たとえば、従来の線形マスクングのように逆関数の存在する関数で表現された色補正演算であれば、第2の色補正演算

における設定したインク濃度信号に対する色再現予測を第1の色補正演算の逆演算を用いて行うことが可能である。

【0110】あるいは、色再現予測に第1の色補正演算の逆演算を用いなくと、たとえば第1の色補正演算としては従来の非線形高次マスクングを用いるとともに、入力信号からインク濃度信号への変換を従来の線形マスクングで表現し、この線形マスクングの逆関数を用いて設定したインク濃度信号に対する色再現予測を行なうことも可能である。この場合には、プリンタで再現可能な入力信号に対しては非線形高次マスクングの高精度での色補正が可能であり、プリンタで再現不可能な入力信号に対しては線形マスクングの精度に応じた色再現予測において最適な色再現を行なうことが可能となる。

【0111】また、本実施例では昇華型熱転写記録方式のカラープリンタを用いたが、本発明のカラー画像形成方法、カラー画像形成装置はプリンタの記録方式に限定されるものではないことは明かである。

【0112】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、プリンタで再現可能な入力信号に対しては第1の色補正演算による第1のインク濃度信号を、プリンタで再現不可能な入力信号に対しては第2の色補正演算による第2のインク濃度信号を記録に用いるインク濃度とし、かつ第2の色補正演算において色再現の最適性を判断する評価関数を入力信号に応じて変化させることにより、全ての入力信号に対してプリンタで再現可能な色のうち人間が最も好ましいと感じる色を用いた色再現が可能となり、画質の劣化を大きく改善することが可能となるものである。

【0113】また、プリンタで再現不可能な入力信号に対する評価関数として、入力信号が表わす色とプリンタの色再現予測との明度、彩度、色相に関する差を用いた情報に、それぞれの重み係数を掛けた情報を用い、かつ、入力信号に応じて各重み係数を連続的に変化させて最適性を判断することにより、色の3属性である明度、色相、彩度のいずれを重視するかを、色再現に反映させることが可能であるとともに、入力信号の変化に対して評価関数を滑らかに変化させることが可能となる。

【0114】また、プリンタで再現可能な入力信号に対しては第1の色補正演算による第1のインク濃度信号を、またプリンタで再現不可能な入力信号に対しては第2の色補正演算による第2のインク濃度信号をそれぞれ第3のインク濃度信号として選択し、かつ第3のインク濃度信号に対して、入力色空間における3次元の近傍演算をほどこすことにより得られる第4のインク濃度信号を記録に用いることにより、入力信号がプリンタで再現不可能な色で連続的に変化するような画像を記録する場合にも、急激な色再現の変化を抑え、不連続な色再現を緩和することが可能となる。

【0115】また、第2の色補正演算において入力信号

に応じて評価関数を変化させるとともに、第3のインク濃度信号に対して近傍演算をほどこした第4のインク濃度信号を記録に用いることにより、全ての入力信号に対して人間が最も好ましいと感じる色再現と、入力信号がプリンタの再現不可能な色で連続的に変化するような画像に対する滑らかな階調再現を両立することが可能であり、大幅に再現画像の画質を改善することが可能となるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例のカラー画像形成方法の処理の全体の流れを示すフローチャート

【図2】本発明の実施例で用いた実験装置のブロック構成図

【図3】同実施例において、入力信号が再現可能な色が再現不可能な色かを判断する詳細なフローチャート

【図4】インク濃度空間においてプリンタで再現可能な領域を表した図

【図5】同実施例において、再現不可能な色に対する第2の色補正演算の詳細なフローチャート

【図6】同実施例において、第2の色補正演算における入力信号に応じた評価関数を示した図

【図7】同実施例において、色再現実験結果を均等色空

間で示した図

【図8】本発明の第2の実施例のカラー画像形成方法の、入力信号に対するインク濃度信号のテーブルを作成する処理を示したフローチャート

【図9】同実施例において、近傍演算を説明する模式図

【図10】同実施例において、色再現実験結果を均等色空間で示した図

【図11】昇華型熱転写記録方式のプリンタで用いられるインクの分光吸収特性の例を示した図

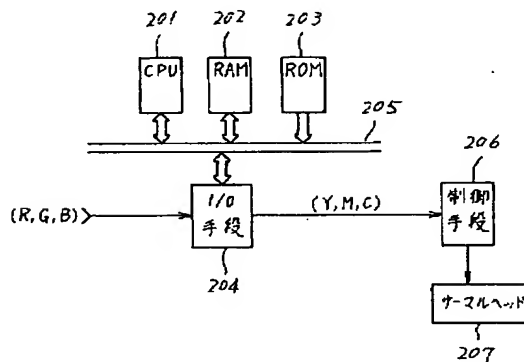
【図12】CRTとプリンタの色再現範囲の例を示した図

【図13】入力信号がプリンタで再現不可能な色の場合の従来のカラー画像形成方法による色再現を示した図

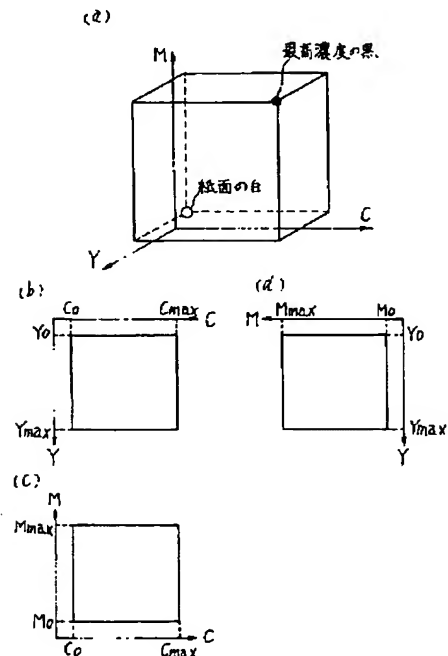
【符号の説明】

201	CPU
202	RAM
203	ROM
204	I/O手段
205	バス
206	制御手段
207	サーマルヘッド

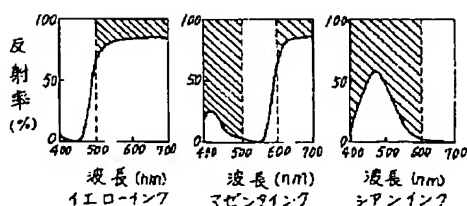
【図2】



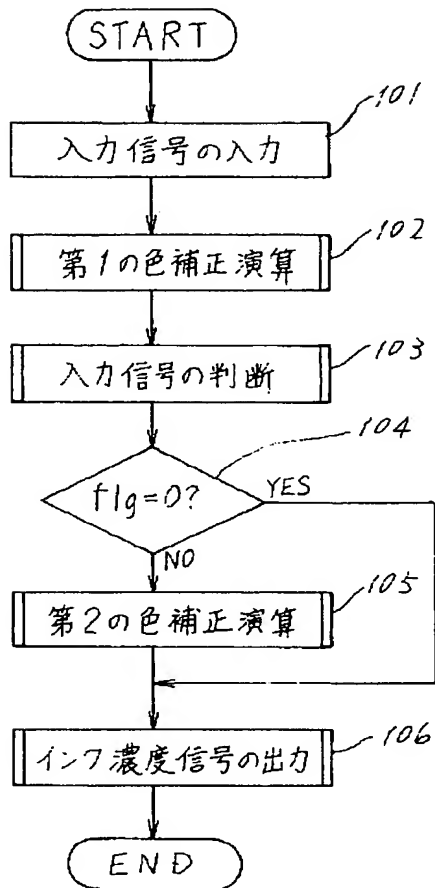
【図4】



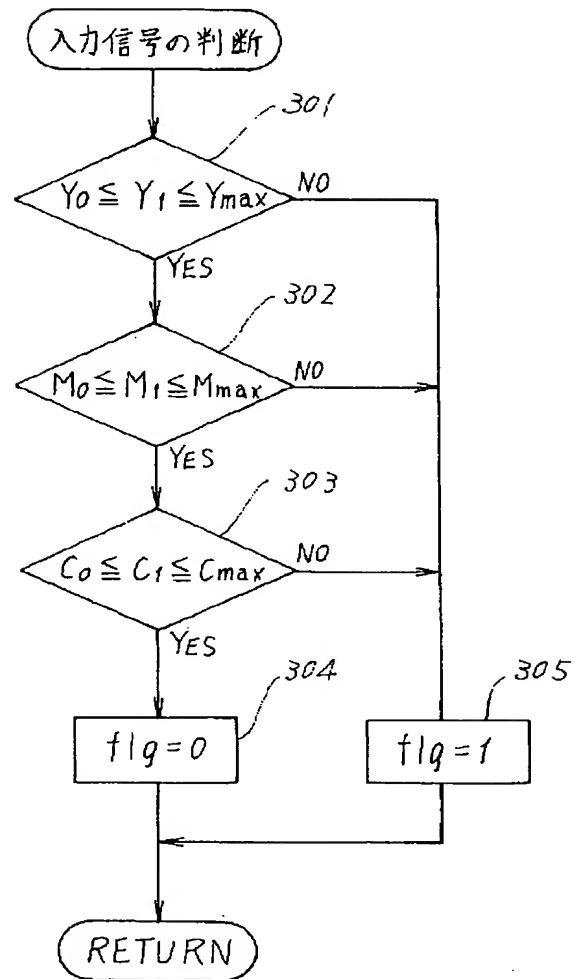
【図11】



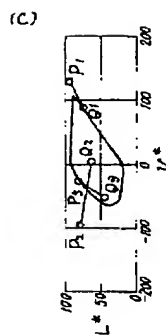
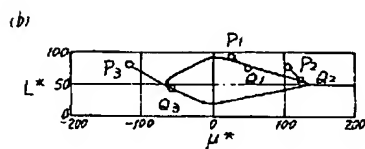
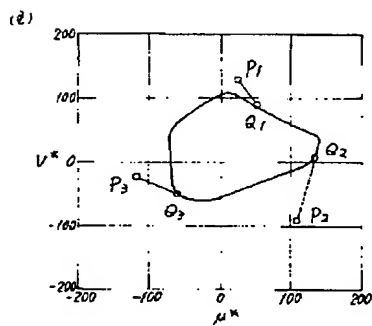
【図1】



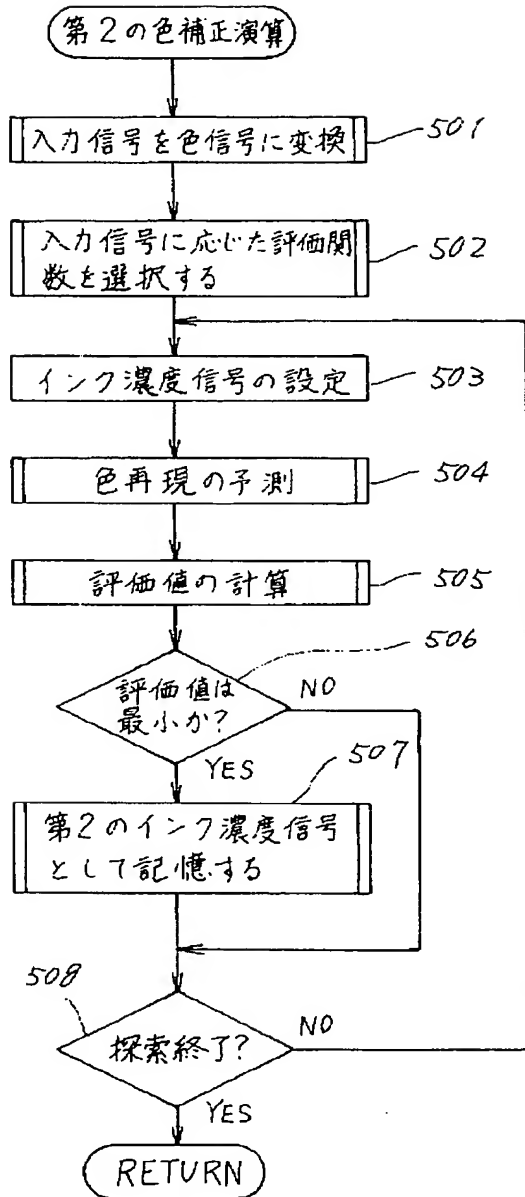
【図3】



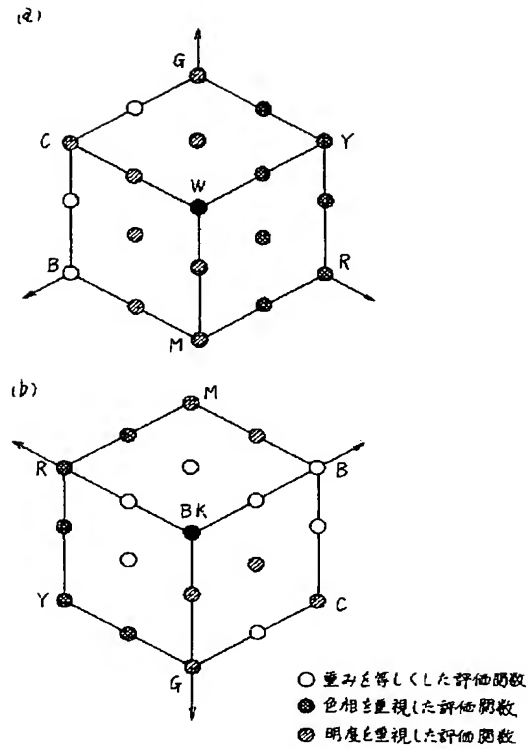
【図13】



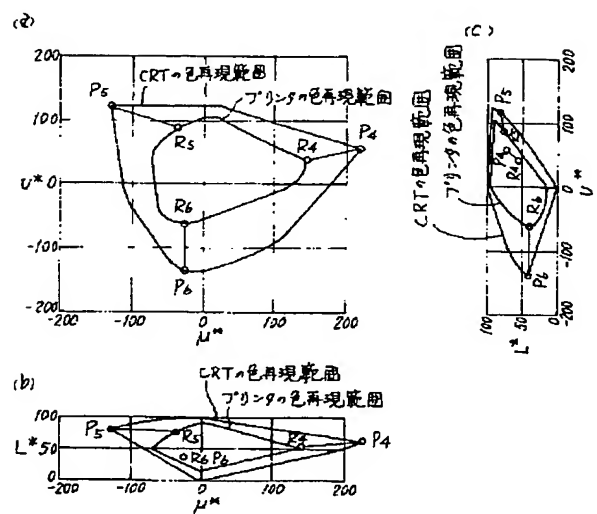
【図5】



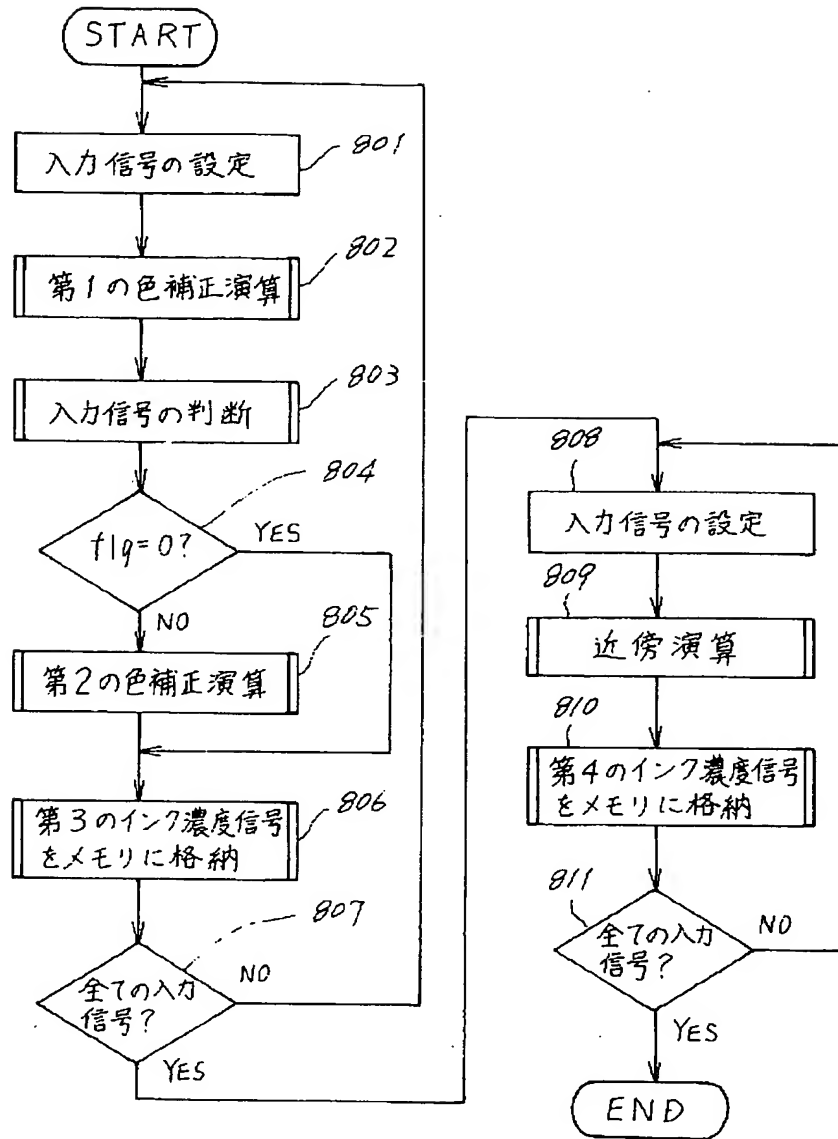
【図6】



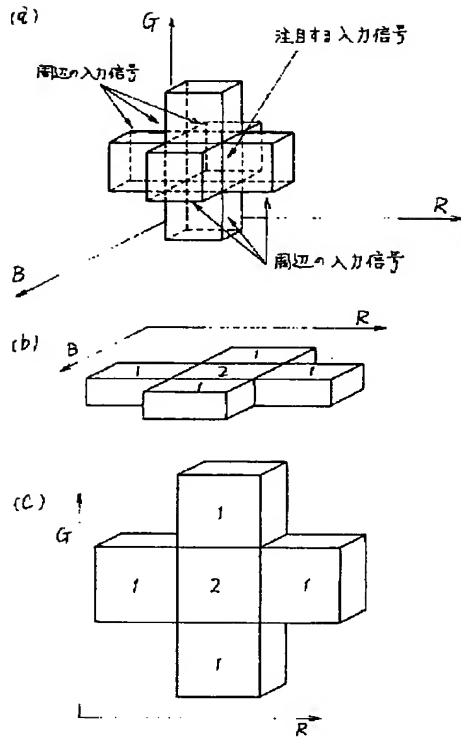
【図7】



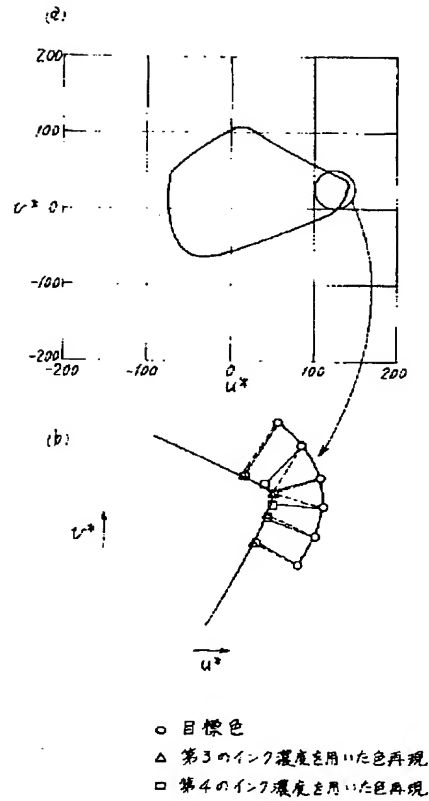
【図8】



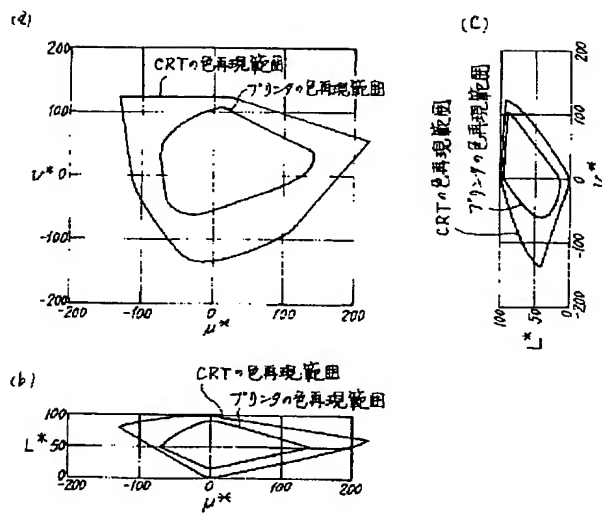
【図9】



【図10】



【図12】



【手続補正書】

【提出日】平成 6 年 1 月 12 日

【手続補正 1】

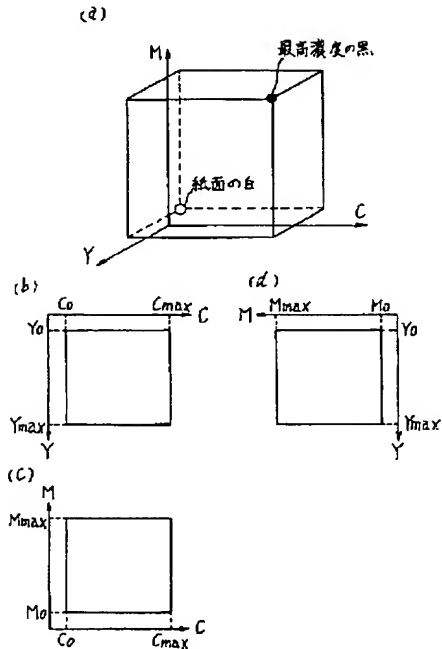
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 4】



【手続補正 2】

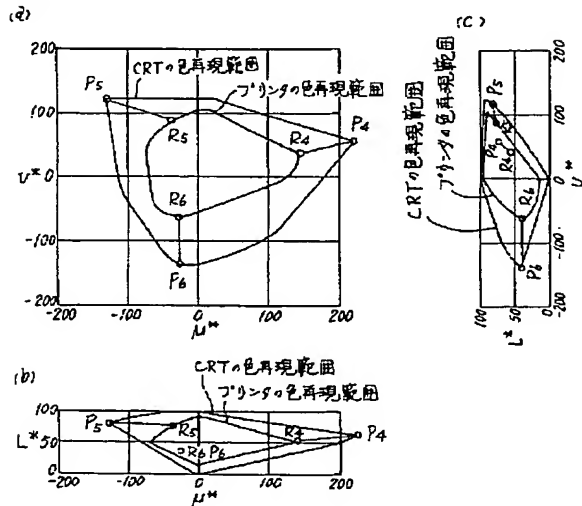
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 7】



【手続補正 3】

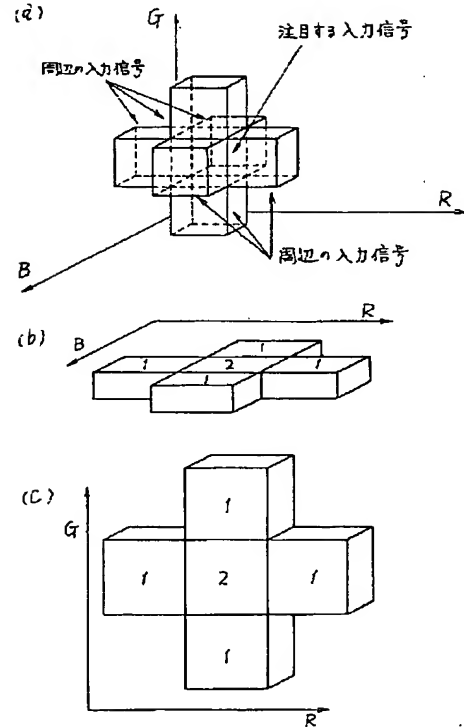
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 9

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 9】



【手続補正 4】

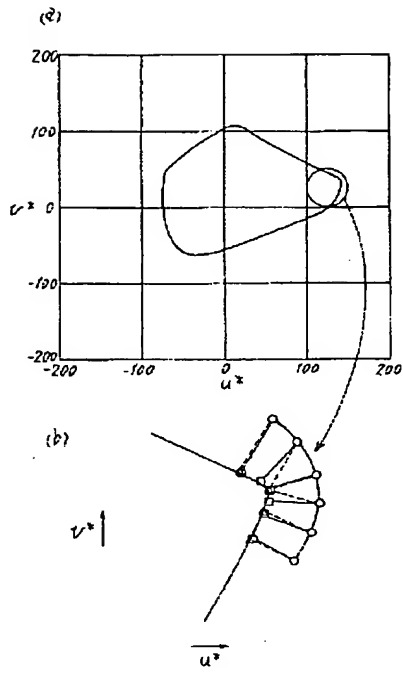
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 10

【補正方法】変更

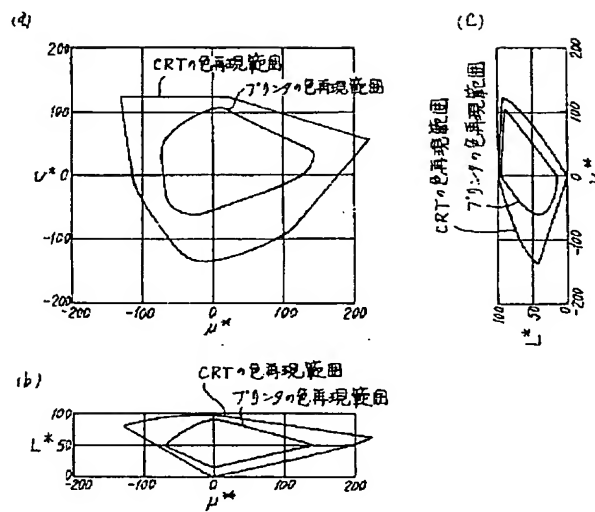
【補正内容】

【図 10】



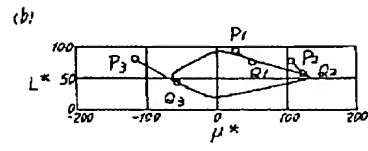
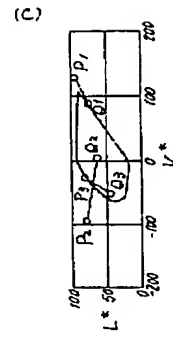
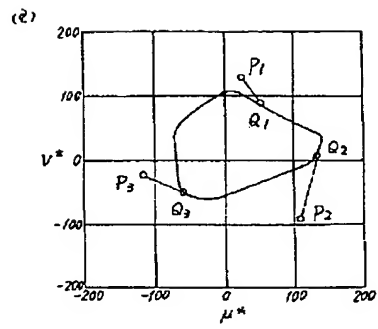
- 目録色
- △ 第3のインク濃度を用いた色再現
- 第4のインク濃度を用いた色再現

【手続補正 5】
 【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図 1 2
 【補正方法】変更
 【補正内容】
 【図 1 2】



【手続補正 6】
 【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図 1 3

【補正方法】変更
 【補正内容】
 【図 1 3】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.